

논문 2009-46SC-2-5

# 관성센서를 이용한 SLAM 기반의 위치 오차 보정 기법에 관한 연구

(A Study on the Compensating of the Dead-reckoning Based on  
SLAM Using the Inertial Sensor)

강 신 혁\*, 장 문 석\*\*, 이 동 광\*, 이 응 혁\*\*\*

(Shin-Hyuk Kang, MunSuck Jang, DongKwang Lee, and Eung-Hyuk Lee)

## 요 약

이동 로봇의 요소기술로 위치추정 기술은 로봇의 위치 판별과 사용자가 원하는 위치로 주행하기 위해 반드시 필요한 기술이다. 휠 구동을 기반으로 하는 로봇의 위치추정 방법은 오도메트리 정보를 이용한 기술이다. 그러나 오도메트리 정보를 이용한 위치추정은 이동로봇이 주행하는 동안 휠과 주행 바닥면 사이에서 슬립현상의 발생으로 실제 위치 차이가 발생하고 정량적인 오차 값 확인이 쉽지 않다. 본 연구에서는 이 문제를 해결하기 위해 오도메트리와 관성센서를 이용하여 위치추정 오차를 최소화하는 방법을 제시한다. 또한 관성센서가 영상을 이용한 SLAM에서도 위치오차를 줄일 수 있는 기법을 제시한다.

## Abstract

Positioning technology which a part technology of Mobile Robot is an essential technology to locate the position of Robot and navigate to wanted position. The Robot that based on wheel drive uses Odometry position technology. But, when using Odometry positioning technology, it's hard to find out constant error value because a slip phenomenon occurs as the Robot runs. In this paper, we present the way to minimize positioning error by using Odometry and Inertial sensor. Also, the way to reduce error with Inertial sensor on SLAM using image will be shown, too.

**Keywords :** Dead-reckoning, Inertial Sensor, SLAM, Mobile Robot

## I. 서 론

청소로봇, 경비로봇, 안내로봇등 다양한 기능을 가지는 이동 로봇의 연구가 이루어지고 있다. 특히 로봇의 위치 추정에는 로봇의 현재 위치 판별과 사용자가 원하는 위치로 주행하기 위하여 반드시 필요한 기술이기 때문에 중요한 이슈가 되고 있다.

이동 로봇의 위치 추정을 위한 방법으로는 RFID, 영

상의 SIFT 알고리즘을 이용한 SLAM 등 많은 방법이 있지만 휠 구동을 기반으로 한 연구가 가장 기초적인 방법이다. 휠 구동 로봇에서의 위치 추정은 엔코더를 구동모터에 연결하여 주행 거리 및 회전각을 계산하고 현재 위치를 추정한다. 그러나 이러한 방법의 위치추정은 이동로봇이 주행하는 동안 휠과 주행 바닥면 사이에서 슬립현상의 발생으로 실제 위치 차이가 발생한다<sup>[1~2]</sup>.

슬립현상에 의한 오차를 최소화하기 위한 방법으로는 오도메트리(odometry) 정보를 보정하는 방법이 있다. 본 논문에서는 오도메트리 정보를 보정하기 위해 관성 센서인 자이로스코프와 가속도계를 이용하여 이동 로봇의 위치를 추정하는 알고리즘을 제안하고, 이를 실제 로봇에 적용하여 실험을 하였다. 그리고 실험을 바

\* 학생회원, \*\*\* 정회원, 한국산업기술대학교 전자공학과  
(Dept. of Electronic Engineering, Korea Polytechnic Univ.)

\*\* 학생회원, 인하대학교 전자공학과

(Dept. of Electronic Engineering, Inha University)

접수일자: 2008년10월31일, 수정완료일: 2009년1월5일

탕으로 나온 결과를 이용하여 영상 SIFT 알고리즘을 사용한 SLAM(simultaneous localization and mapping)의 연구<sup>[3]</sup>에서 오도메터리 정보를 보정하여 위치추정의 정확성을 높일 수 있는 방안을 제시한다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. II장에서는 관성 항법에 관련된 기존의 연구와 자이로스코프를 이용한 각속도 측정 방법과 가속도계를 이용한 가속도 측정 방법에 대해 논한 후 이를 이용하여 자립 항법 알고리즘 적용하는 방법에 대해 나타내었다. III장에서는 이동 로봇에 관성 센서를 적용하기 위한 관성 센서 보드의 구성과 실험에 사용된 로봇 시스템의 구조와 사용자 프로그램에 대해서 나타내었다. IV장에서는 관성 센서 보드의 성능을 확인하기 위해 자이로스코프의 오차 실험 결과와 가속도계의 오차 실험 결과에 대해 나타낸 후, 로봇에 적용한 위치 추정 실험에 대한 결과를 나타내고, 영상 기반 SLAM에서 위치 보정 방안을 제시하였다. 그리고 마지막으로 V장에서는 본 연구 결과에 대한 전체 결론을 맺는다.

## II. 관성 항법 및 자립 항법

### 1. 관련 연구

관성센서인 자이로스코프와 가속도계를 이용한 관성 항법 시스템은 1960년대부터 실용화되기 시작한 항법으로 시스템으로 항체의 초기 위치 정보로부터, 각속도를 측정하여 적분을 함으로써 속도와 위치를 추정한다. 기존에 사용되던 기계적인 시스템은 제작과 유지가 어렵고, 디지털 회로에 비하여 유연성이 떨어지는 아날로그 회로를 많이 포함하고 있으나, 최근 반도체 공정을 이용한 MEMS(Micro Electro Mechanical Systems) 기술을 응용하여 저가형 관성센서들이 많이 개발되고 있으며 이를 이용한 소형화, 저전력, 고정밀 항법시스템들이 많이 연구되고 있다. 그러나 이러한 관성센서는 시간에 따라 오차가 누적되는 문제를 갖고 있어 누적 오차를 최소화 하기위한 연구가 진행되고 있다<sup>[1]</sup>. Liu는 실내 이동로봇의 오도메터리 정보 오차를 줄이기 위한 연구로 MEMS형 가속도 측정 장치를 개발하고 가속도계에서 발생하는 오차를 최소화 하기위한 알고리즘 제안하였다<sup>[4]</sup>.

실내 이동 로봇에서의 위치추정을 위한 연구 역시 활발하게 진행되고 있다. Sauer는 실내 이동로봇에 위치 추정을 위해 오도메터리 정보와 자이로스코프를 이용하

였지만, 사용된 자이로스코프는 비행체에서 사용하는 고가의 시스템이기 때문에 저가의 이동 로봇에 적용하기에는 비효율적인 문제를 가지고 있다<sup>[5]</sup>. 박규철은 이동 로봇의 자립항법 연구에서 자이로스코프를 적용하기 위해 간접 칼만필터 알고리즘을 사용하여 오도메터리 정보에 의한 위치추정 오차를 줄이고자 했다. 그는 가로 5m, 세로 5미터 공간에서 제안하는 간접 칼만필터 알고리즘을 적용하여 로봇의 위치추정을 시뮬레이션하고, 알고리즘의 가능성을 확인하는 연구를 하였다<sup>[1]</sup>. 하지만 이러한 연구들도 대부분 관성센서의 오차 성능 실험과 시뮬레이션에서 결론을 내리고 있어 실제 실험에 따른 정확성을 확인할 수 없다.

이동 로봇에서 영상 기반의 SLAM의 연구에서도 위치추정의 오차를 최소화 할 수 있는 방법이 필요하다. Lee는 단일 카메라 렌즈를 천장을 향하도록 하여 특징점을 추출하여 이동 로봇의 위치를 추정하였고<sup>[7]</sup>, Jung은 단일 카메라 렌즈를 벽면을 향하도록 하여 특징점을 추출하여 이동 로봇의 위치를 추정하였다<sup>[8]</sup>. 하지만 단일 카메라를 이용한 위치 추정 방법은 특징점 추출에 많은 튜닝 과정이 필요하고, 오차가 심하다는 단점을 가지고 있다.

따라서 본 연구는 실내 이동로봇의 위치추정이 가능하도록 관성센서모듈을 개발하고 관성센서모듈을 로봇에 장착하여 로봇이 정확하게 사용자가 원하는 위치로 주행 할 수 있는 기법을 제안하고자 한다. 또한 영상을 이용한 SLAM에서도 관성센서를 이용하여 위치 오차를 줄일 수 있는 기법을 제시하고자 한다.

### 2. 자이로스코프를 이용한 각속도 측정

자이로스코프는 측정원리에 따라 크게 기계적인 방식, 광학방식 그리고 MEMS 방식 등으로 분류 할 수 있다. MEMS형 자이로스코프는 정전기적인 힘에 의해 구조물이 특정 방향으로 진동 상태에 있을 때 측정하고자 하는 각속도가 인가되면 진동의 직각 방향으로 코리올리스 힘(coriolis force)이 작용하게 된다<sup>[6]</sup>. 이때 코리올리스 힘에 의해 작용된 진동이 관성체와 전극사이에 정전용량의 변화를 가져오는데, 이 변화 정도를 이용하여 인가된 각속도를 측정한다. 자이로스코프에 의한 각도 산출은 자이로스코프를 통해 출력된 값들을 S/H(sample hold)와 A/D converter에 의해 수집한 값을 자이로스코프의 이득값으로 곱하고, 발생된 각속도 값을 누적하여 로봇의 회전 방향각을 계산한다. 식 (1)과

(2)는 자이로스코프의 출력 값에 대한 각도 산출 관계식을 보여준다<sup>[1]</sup>.

$$\theta_1 = K_g * (\theta' * S_t) \quad (1)$$

$$\theta = \theta + \theta_1 \quad (2)$$

수식 1에서  $K_g$ 는 센서 이득값,  $S_t$ 는 샘플링 시간,  $\theta_1$ 은 자이로스코프의 출력 값을 샘플링해서 적분한 값,  $\theta'$ 는 각속도 그리고  $\theta$ 는 누적 값을 의미한다.

### 3. 가속도계를 이용한 가속도 측정

가속도계는 외부에서 인가된 중력에 의한 중력 가속도를 전기적인 신호로 변환하여 그 가속도량을 측정할 수 있는 센서이다. 가속도계의 출력  $\theta_2$  신호는  $g(9.8m/s^2)$  단위로 표현이 되고, 기계식 방식, 압전소자 방식 그리고 MEMS 등으로 분류한다. 소형의 MEMS형 가속도계는 가속도계 내의 관성 질량이 압전소자에 관성력을 전달하여 압전 소자의 기계적인 변형을 유도하고, 압전 소자 양단의 얇은 전극판 위에 압전 소자의 변형 정도에 비례하는 전하 밀도의 변화 정도를 측정함으로써 가속도를 측정할 수 있다. 식 (3)은 가속도계에서 출력되는 가속도 값을 적분하여 속도를 구하는데 사용된다.

$$v_x(t) = \int_{x=0}^t a_x(t)dt + v_x(t=0) \quad (3)$$

$a_x$ 는 가속도계에서 출력되는 가속도 값이고, 샘플링 시간 동안 적분하여 이전까지의 속도  $v_x$ 를 더하면 t초 동안의 속도  $v_x(t)$ 를 구하게 된다. 구해진 속도는 다시 적분하면 거리를 구할 수 있다.

### 4. 자립항법 알고리즘

관성센서를 로봇의 위치추정에 사용하기 위해서는 자립항법을 필요로 한다. 자립항법은 로봇이 초기위치로부터 움직이는 순간마다 방향과 거리의 증가 값을 계속 누적하여 현재 위치를 계산해 내는 방법을 사용하기 때문에 관성센서를 이용한 로봇의 위치추정에 용이하다.

그림 1은 자립 항법을 이용한 로봇의 결정 방법을 나타내고 있다. 로봇의 이동 경로는 초기 위치  $P_0$ 에서  $P_1$ ,  $P_2$ 를 거쳐 최종 목적지  $P_n$ 으로 까지 이동하는 경

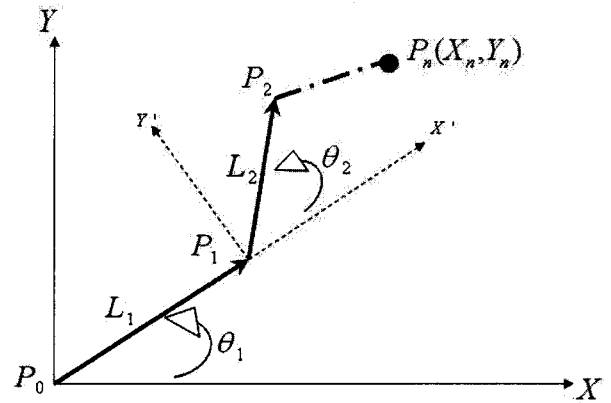


그림 1. 자립항법을 이용한 로봇의 위치 결정 방법

Fig. 1. Method of the deciding position for robot using dead reckoning.

로를 가진다. 각 위치는 벡터  $(X_n, Y_n)$ 으로 표현할 수 있으며 크기  $L_n$ 을 가지고, 이동한 각은  $\theta_n$ 으로 표현할 수 있다. 여기서  $X, Y$ 는 벡터의 좌표를 나타내며,  $\theta$ 는 이동한 각을 나타내고, n은 초기 위치에서 이동한 경로 수이다. 따라서  $P_1$ 은  $L_1$ 의 크기로  $\theta_1$ 방향으로 이동한 것이고,  $P_2$ 는  $P_0$ 의 위치에서  $P_1$ 의 위치로 이동 후  $L_2$ 의 크기로  $\theta_2$  방향으로 이동한 것이다. 이것을 수식으로 표현하면 다음과 같다.

$$X_0 = 0, Y_0 = 0$$

$$X_1 = X_0 + \Delta L_1 \cos \theta_1$$

$$Y_1 = Y_0 + \Delta L_1 \sin \theta_1$$

$$X_2 = X_0 + X_1 + \Delta L_2 \cos \theta_2$$

$$Y_2 = Y_0 + Y_1 + \Delta L_2 \sin \theta_2$$

이것을 정리하면 식 (4), (5)와 같이 표현할 수 있다.

$$X_n = X_0 + \sum_{i=0}^n \Delta X_i = X_0 + \sum_{i=0}^n \Delta L_i \cos \theta_i \quad (4)$$

$$Y_n = Y_0 + \sum_{i=0}^n \Delta Y_i = Y_0 + \sum_{i=0}^n \Delta L_i \sin \theta_i \quad (5)$$

따라서 위의 식을 적용하면 이동로봇의 절대 위치를 추정하여 현재의 위치를 알 수 있다.

## III. 시스템 구성

### 1. 관성센서보드의 구성

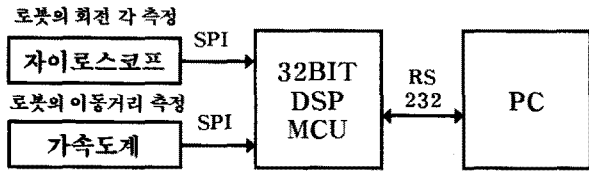


그림 2. 관성센서보드 구성도  
Fig. 2. Block diagram of the inertial sensor module.

그림 2는 본 논문에서 사용한 관성센서보드의 구성도이다. 자이로스코프는 로봇의 회전 방향각을 계산하는데 사용되며 가속도계는 로봇의 직선 방향에 대한 움직인 거리를 계산하는데 사용한다.

관성센서보드는 실내 이동로봇에 적합한 MEMS형 관성센서로 구성한다. 이동 로봇의 방향을 계산하기 위해 사용한 자이로스코프는 아날로그 디바이스사의 MEMS형 ADIS16100 모델로, 각속도 측정 범위는 +/-300degree/sec 이고, 로봇의 이동한 거리를 계산하기 위해 사용한 가속도계는 아날로그 디바이스사의 MEMS형 ADIS16003 모델로, 1.7g의 감도를 갖는다. 관성센서의 출력데이터를 수집하는데 사용된 프로세서는 TI사의 TMS320F2812이다. 이것은 내부에 플래시 메모리가 내장되어있어 플래시로 부트업시켜 독립한 동작이 가능하기 때문에 사용이 용이하고 MEMS형 센서와 통신할 수 있도록 SPI 통신이 지원되어 별도의 회로 구성이 필요 없다. 또한 150MHz의 클럭을 스스로 사용하기 때문에 고속의 연산 성능을 갖는다. 이렇게 관성센서와 프로세서로 구성된 관성센서보드를 로봇에 장착시키고 로봇의 회전각과 이동거리를 계산해내어 로봇의 위치를 추정하는데 사용한다.

2. 로봇시스템 구성 및 UI프로그램

가. 로봇시스템 구성

본 연구를 위한 로봇시스템 구성은 그림 3과 같다. 실제 로봇에서의 실험을 위해 한울로보틱스사의 휠 로봇(RD) 플랫폼<sup>[9]</sup>과 DC 모터에 연결된 엔코더의 정보를 수집하는 모션제어기 및 UMPC(Ultra Mobile PC)로 구성한다. 관성센서보드는 출력 데이터를 시리얼 통신방식으로 UMPC의 사용자 인터페이스 프로그램에 전송한다. 모션제어기는 로봇이 움직일 때 발생하는 엔코더의 출력 데이터를 수집하고 USB 통신방식을 사용하여 UMPC에서 동작되는 UI(User Interface)프로그램에 전송한다.

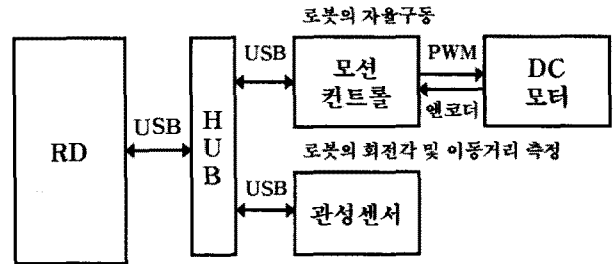


그림 3. 로봇시스템 구성도  
Fig. 3. Block diagram of robot system.

나. UI 프로그램 구조

그림 4는 로봇에 장착된 UMPC의 UI프로그램 이다. UI프로그램은 관성센서의 출력 데이터 수집과 자립항법에 의한 로봇의 위치추정에 필요하고, 로봇에 장착된 모션을 제어하거나 엔코더 정보를 수집하는데 필요하다. 따라서 본 인터페이스 프로그램으로 입력되는 값은 관성센서의 출력과 모션제어기에서 출력되는 엔코더 정보이며, 좌측 격자형으로 표시된 구역에 로봇의 위치를 좌표로 나타낸다. 격자간의 거리는 20cm에 해당한다. 우선 UI프로그램의 동작은 모션을 연결하고 로봇의 주행 경로를 선택한다. 주행이 시작되면 모션제어기에서 출력되는 엔코더 정보와 관성센서에서 출력되는 데이터를 수집하고, 격자형 공간에 로봇의 추정위치가 표시된다.

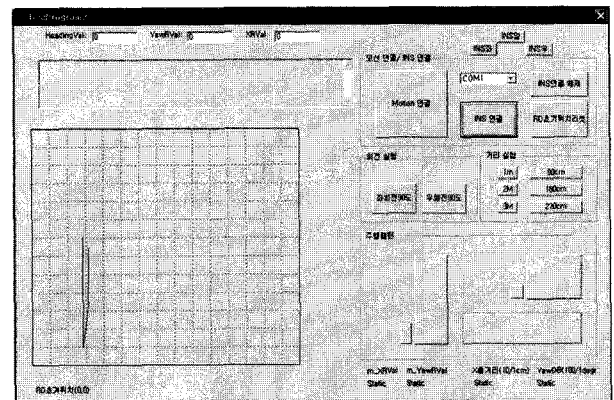


그림 4. 사용자 인터페이스 프로그램  
Fig. 4. User Interface Program.

IV. 실험

1. 관성센서의 오차 실험

본 논문에서 제안하는 오도메터리 보정 주행 기법을 위해 센서 자체의 성능 실험은 전제되어야 한다. 이를

위해 자이로스코프는 회전 오차 실험을 하고, 가속도계는 직선거리 오차 실험을 하였다. 그리고 이동로봇에 관성센서를 장착하여 오도메터리 정보 보정 주행과 오도메터리 정보를 보정하지 않는 주행실험을 비교하였다.

가. 자이로스코프의 회전 오차 실험

자이로스코프 모듈의 성능을 평가하기 위해 정확한 각속도 측정 범위와 회전각을 고려한 회전 오차 실험을 하였다. 이를 위해 그림 5와 같은 회전 오차 실험 환경을 제작하였다. 이것은 스테핑 모터를 회전체로 두고 관성 센서 모듈을 위에 두어 회전 오차 실험을 하였다. 실험은 스테핑 모터를 좌측 방향으로 150degree/sec의 등속도로 회전 시켰고, 우측 방향으로 같은 속도로 회전시켜 출력 데이터를 추출하였다. 실험 결과는 그림 6과 같다. 여기에서 초기 300ms는 대기 구간이고, 600ms까지의 흔들린 데이터는 스테핑 모터의 동작 특성상 불안정한 회전을 보이는 구간이기 때문에 본 연구의 실험에는 영향을 미치지 않는 구간이다. 표 1은 스테핑 모터가 안정한 상태로 된 이후에 나타나는 회전 오차를 8

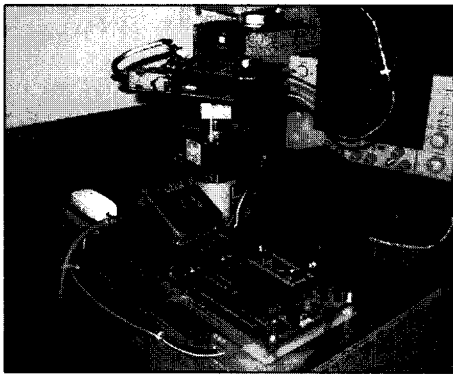


그림 5. 자이로스코프의 회전 실험 기구  
Fig. 5. Testing equipment for gyroscope.

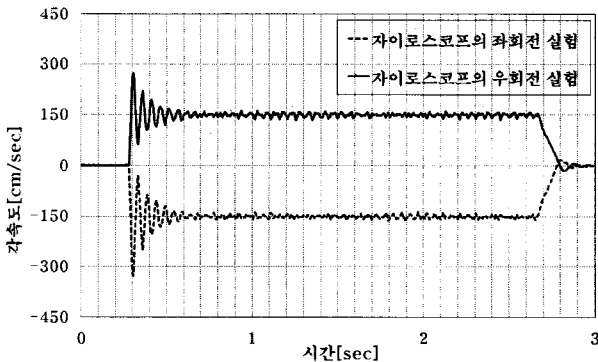


그림 6. 자이로스코프의 회전 실험  
Fig. 6. Gyroscope output.

표 1. 자이로스코프의 회전 오차 실험 결과  
Table 1. Error of the direction using the gyroscope.

360도 회전	1회	2회	3회	4회	5회	6회	7회	8회	오차
좌회전 (degree)	0.08	0.12	0.18	0.84	0.27	0.26	0.21	0.57	0.3
우회전 (degree)	0.56	0.33	0.27	0.82	0.63	0.32	0.58	0.83	0.54

회에 거쳐 나타나는 실험 결과이다. 좌회전과 우회전을 하였을 때 최대 0.8° 정도의 오차를 보이는 것을 알 수 있고, 최소 0.1° 정도의 오차를 보이는 것을 알 수 있고, 좌회전 시 평균 0.3° 오차를 가졌고, 우회전시 평균 0.54°의 오차를 가짐을 알 수 있었다. 이러한 오차의 성능을 이용하여 이동 로봇에서의 실제 주행 실험 시 로봇의 방향각 오차를 최소화 할 수 있을 것이라 판단된다.

나. 가속도계의 직선거리 오차 실험

가속도계의 성능을 평가하기 위해 그림 7과 같이 미쓰비시사의 3상 AC 서보 모터와 모션 제어기를 사용한 LM 시스템(Linear Motion System)을 이용하였다. 실험은 초기 1초는 LM 시스템 안정화 시간으로 자체 지연 시간을 설정한 후에 센서 모듈을 1m 직선거리를 300ms동안 가속한 후 20cm/sec 속도로 등속을 한 후, 마지막 300ms동안 감속하는 과정으로 제어를 한 후 데이터를 추출하였다. 실험 결과는 가속도계에서 출력되는 A/D 값을 추출하였으며, 이것은 그림 8과 같다.

표 1은 스테핑 모터가 안정한 상태로 된 이후에 나타나는 회전 오차를 8회에 거쳐 나타나는 실험 결과이다.

표 2는 LM 시스템이 안정화 된 이후에 추출된 데이터를 8회 측정하여 센서 모듈의 데이터를 100cm를 기준으로 하여 나타나는 거리의 오차를 나타낸 것이다. 여기에서 최대 5.5cm의 오차를 나타내는 것을 알 수 있

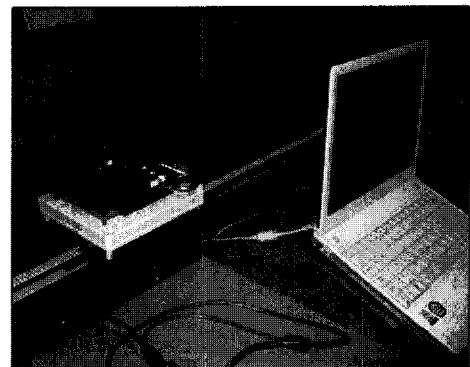


그림 7. 가속도계의 직선거리 실험 기구  
Fig. 7. Testing equipment for accelerometer.

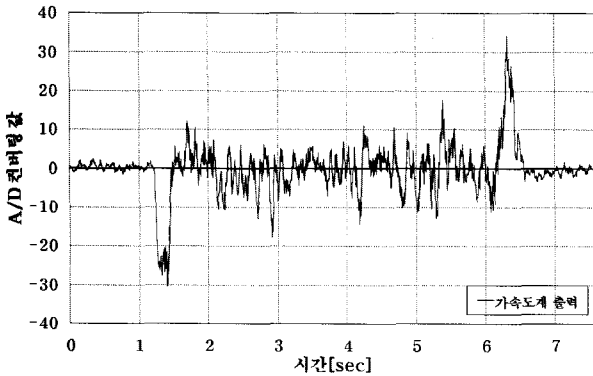


그림 8. 가속도계의 직선거리 실험 데이터  
Fig. 8. Accelerometer output.

표 2. 가속도계의 직선거리 오차 실험 결과  
Table 2. Error of the distance using accelerometer.

100cm 거리실험	1회	2회	3회	4회	5회	6회	7회	8회	평균
100cm기준 오차(cm)	1.7	3.1	3.2	1.9	1.3	4.7	5.5	1.4	2.85

고, 최저 1.3cm의 오차를 나타내는 것을 알 수 있다. 그리고 전체적으로 평균 2.85cm의 오차를 나타내는 것을 알 수 있었다. 이러한 데이터를 실제 이동 로봇에 적용하여 주행 실험 시 로봇의 직선 거리 오차를 최소화 할 수 있을 것이라 판단된다.

2. 관성센서를 이용한 로봇에서의 위치추정 실험

자이로스코프를 이용하여 회전에 대한 실험과 가속도계를 이용하여 직선 거리에 대한 거리 측정 실험을 한 후 실제 이동 로봇에 관성센서를 장착하여 주행 동안의 위치추정 오차를 확인 하는 실험을 하였다. 실험 방법은 오도메터리 정보만을 이용한 로봇의 주행 실험과 오도메터리 정보를 관성센서를 이용하여 보정 기법을 사용한 주행 실험을 비교한다.

다음 그림 9는 주행동안의 위치추정 결과를 나타낸다. 오도메터리 정보만을 의존한 주행(그림 9 좌측)과

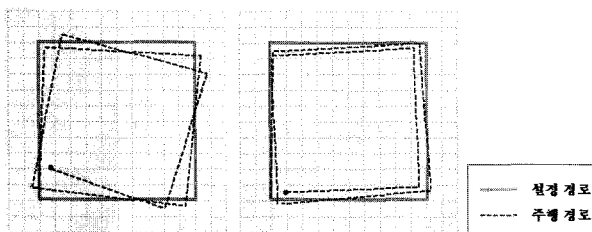


그림 9. 이동로봇의 위치 보정 실험 결과 비교도  
Fig. 9. Result image.

관성센서를 이용한 오도메터리 정보를 보정한 주행(그림 9 우측)실험 결과를 나타낸다. 그림 9에서 실선 선은 로봇이 주행해야할 주어진 경로이며, 점선 선은 실제 로봇의 주행 경로를 나타낸다. 실험 방법은 흰색 블록으로 이루어진 바닥에서 이동 로봇을 200cm 간격의 사각형 주행 경로를 2회 반복하여 로봇을 주행시켜 실제 로봇의 이동 경로를 추적하는 방법으로 이루어졌다.

실험 결과 관성센서를 이용하여 오도메터리 정보를 보정하면 오도메터리 정보만을 이용한 것보다 로봇의 위치를 더 정확하게 보정 할 수 있었다.

3. 영상기반 SLAM에서 위치 보정 방안 제시

SLAM에서 오도메터리 정보는 이동 로봇의 자기 위치추정에 반드시 필요하다. SLAM 알고리즘은 로봇의 자율 주행을 위한 핵심 기술 중 하나로 로봇의 위치추정과 환경지도 작성을 동시에 수행한다. 카메라의 영향에서 특징점을 찾고 주행하는 동안 영상으로부터 주변 환경을 인지하여 환경지도를 작성하는데 엔코더에 의존하는 위치 추정은 부정확할 수 있다. 따라서 본 논문에서 제안하는 기법은 오도메터리 정보를 관성센서 정보와 비교하여 위치추정의 오차를 최소화 하고자 한다.

그림 10은 SLAM에서의 위치추정 순서이다. 로봇이 주행하면서 실시간 위치 추정을 하기 위해서는 일정 간격의 두 영상 프레임은 서버에 전송해야 한다. 이미지 프레임 캡처에서는 로봇이 주행중 현재의 위치에서 전방의 카메라 영상을 프레임으로 저장한다. 이지미와

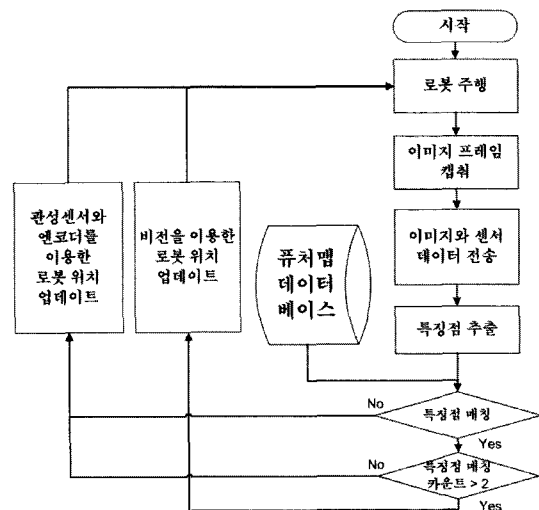


그림 10. SIFT 알고리즘을 적용한 SLAM에서 관성 센서를 적용한 위치 보정 흐름도

Fig. 10. Flow chart of the SLAM with inertial sensor.

센서 데이터 전송과 특징점 추출에서는 주변의 장애물 인식등과 같은 필요한 센서데이터와 함께 현재의 카메라 영상에서 특징점을 찾아내는 일을 한다. 주변 환경의 특징점들은 이미 작성된 퓨처맵 데이터베이스와 매칭하여 현재 로봇의 상대적인 거리를 계산하고 현재의 자기위치를 추정한다. 그리고 이 방법은 특징점들을 이미 작성된 퓨처맵 데이터베이스와 매칭이 되면 바로 자기위치를 구할 수 있다. 퓨처맵 작성을 마친 로봇은 기본적으로 장애물을 회피하면서 자율 주행을 하고, 주변 환경의 영상을 서버에 전송하여 SIFT알고리즘을 통해 특징점을 추출한다. 추출된 특징점과 퓨처맵 데이터베이스의 매칭을 통해 현재 로봇의 위치에서 매칭이 이루어지지 않았을 경우 엔코더와 관성센서를 이용한 로봇 위치가 업데이트 된다. 만약 매칭이 이루어졌을 경우 매칭 된 개수가 2개 미만이면 다시 엔코더와 관성센서에 의해서 로봇의 위치가 실시간으로 업데이트 되지만 2개 이상 매칭이 될 경우 비전에 의한 로봇의 위치를 결정하여 업데이트 된다.

## V. 결 론

본 논문에서는 오도메터리 정보와 관성센서를 이용한 로봇 주행 기법이 위치추정에서 사용 가능한지 확인하기 위해 실제 로봇을 이용한 실험을 했다. 실험 결과, 제안하는 관성센서를 사용한 로봇의 위치추정기법은 오도메터리 정보만을 이용한 로봇의 주행 실험보다 정확한 위치추정이 가능하다. 그리고 영상의 SIFT 알고리즘을 이용한 SLAM에서도 관성센서를 이용하여 위치오차를 줄일 수 있는 가능성을 확인했고 그 보정기법을 제시하였다.

제안하는 위치추정의 오차를 최소화하는 주행기법을 통해 청소로봇 분야에서는 보다 정확한 위치로 주행하여 청소 능력이 향상될 것이며, 경비로봇 분야에서는 위험지역으로의 주행이 보다 정확해져 로봇의 빠른 상황 판단과 대처 능력은 향상될 것으로 기대되고, 안내로봇 분야에서는 사용자가 원하는 위치로 보다 정확하게 안내가 가능한 주행 능력이 향상될 것으로 기대된다. 또한 이동로봇에서 보다 넓은 주행 공간에서도 향상된 자기위치 판단 능력을 가질 것으로 기대된다.

## 참 고 문 헌

- [1] 김상겸, 유환신, 김정하 “차량 항법용 자이로 센서의 특성분석 및 혼합항법 알고리즘 개발에 관한 연구”, 한국자동차공학회논문집, 제12권, 제5호, pp. 171-179, 2003.
- [2] S.G.Kim, J.H.Choi, J.H.Kim, and J.H.Chun, “Characteristic Analysis of the Gyro Sensor & Development of Hybrid Algorithm for the Car Navigation System”, KSAE Spring Conference Proceedings, pp. 619-624, 1997.
- [3] R.Sim, M.Griffin, A.Shyr, and J.Little, “Scalable real-time vision-based SLAM for planetary rover”, IEEE IROS Workshop on Robot Vision for Space Applications, 2005.
- [4] H.Liu, “Accelerometer for Mobile Robot Positioning”, Industry Applications, IEEE Transaction, Vol. 37, No 3, pp. 812-819, 2001.
- [5] T. Sauer. C and H. Brugger, E.P.Hofer and B. Tibken, “Odometry error correction by sensor fusion for autonomous mobile robot navigation”, Instrumentation and Measurement Technology Conference, IMTC 2001, Proceedings of the 18th IEEE, Vol. 3, pp. 1654-1658, May, 2001.
- [6] K.C. Park, D.Y. Chung, H.Y. Chung, and J.G. Lee, “Dead reckoning navigation of a mobile robot using an indirect Kalman filter”, Multisensor Fusion and Integration for Intelligent Systems, IEEE/SICE/RSJ International Conference, pp. 132-138, Dec. 1996.
- [7] J.S. Lee, D.F. Shen, O.S Kwon, E.H. Lee, and S.H. Hong, “Mobile Robot Localization and Mapping using Scale-Invariant Features”, Journal of IKEEE, Vol. 9, No. 1 pp. 7-18, 2005.
- [8] D.S Jung, J.H Choi, M.S. Jang, J.G. Ryu, O.S. Kwon, E.H. Lee, and J.H. Shim, “A Mapbuilding Method of Service Robot using Vision Sensor”, ITC-CSCC 2006, Vol. 2, pp. 89-92, 2006.
- [9] <http://www.robotics.co.kr>
- [10] <http://wwwf2.mitsubishielectric.co.jp>

저 자 소 개



강 신 혁(학생회원)  
 2007년 한국산업기술대학교  
 전자공학과 학사 졸업.  
 2008년 한국산업기술대학교  
 전자공학과 석사 과정.  
 <주관심분야 : 지능형 서비스 로  
 봇 제어, 모바일 헬스케어 시스  
 템>



이 동 광(학생회원)  
 2007년 한국산업기술대학교  
 전자공학과 학사 졸업.  
 2008년 한국산업기술대학교  
 전자공학과 석사 과정.  
 <주관심분야 : 인공 지능, 재활 공  
 학, 지능형 서비스 로봇 제어>



장 문 석(학생회원)  
 1997년 건양대학교 컴퓨터공학과  
 학사 졸업.  
 2000년 인하대학교 전자공학과  
 석사 졸업.  
 2005년~현재 인하대학교  
 전자공학과 박사 과정  
 <주관심분야 : 센서네트워크, 위치인식, 서비스  
 로봇 제어, 모바일 헬스케어 시스템 >



이 응 혁(정회원)  
 1985년 인하대학교 전자공학과  
 학사 졸업.  
 1987년 인하대학교 전자공학과  
 석사 졸업.  
 1992년 인하대학교 전자공학과  
 박사 졸업.  
 2000년~현재 한국산업기술대학교 전자공학과  
 교수  
 <주관심분야 : 지능형 서비스 로봇 제어, 모바일  
 헬스케어 시스템, 재활공학>